

Pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique

L'invention concerne une pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique.

La propulsion d'engins en milieu aquatique, notamment lorsque ces engins du type sous-marin évoluant, au moins momentanément en immersion, nécessite la fourniture d'une énergie de propulsion, telle qu'une énergie électrique, dans des conditions de puissance, de durée et de modulation par plages successives bien déterminées.

C'est en particulier le cas pour des engins sous-marins d'attaque, de riposte ou d'observation lancés à partir d'un autre engin porteur, tel qu'un sous-marin, de tels engins sous-marins lancés étant alors soumis à une étape ou phase de lancement, généralement brève, suivie d'une étape ou phase de croisière plus longue.

L'alimentation en énergie électrique de tels engins sous-marins lancés doit alors répondre à des critères très spécifiques de puissance électrique délivrée et de durée de délivrance de cette énergie, afin de permettre aux engins sous-marins lancés de remplir leur mission conformément à un programme pré-établi.

Dans ces conditions, l'utilisation de sources d'énergie électrique classiques, telles que les batteries d'accumulateurs au plomb, ne peut être retenue en raison, d'une part, de la puissance électrique demandée pour assurer une telle fonction et, d'autre part, de la masse inerte nécessaire à la mise en œuvre de telles sources d'énergie électrique classiques.

Les sources d'énergie électrique connues de l'état de la technique de type piles thermiques permettent, de manière générale, de délivrer une puissance électrique importante. Elles nécessitent, toutefois, la fourniture d'une énergie thermique importante, afin de permettre la fourniture d'une puissance électrique en conséquence.

De telles sources ne peuvent, pour cette raison, être utilisées pendant des durées de mission d'engins aquatiques, notamment d'engins sous-marins, excédant quelques dizaines de secondes, en raison de la difficulté majeure rencontrée pour fournir une telle quantité d'énergie électrique au-delà d'une telle durée, à partir de sources thermiques embarquées sur de tels engins, lorsque, en particulier, ceux-ci sont immergés.

Ainsi qu'on l'observera sur la Figure 1a précitée, la pile électrique objet de l'invention comporte dans au moins dans un corps de pile étanche, noté 0, une première chambre 1, une deuxième chambre 2 et une troisième chambre 3, chacune des chambres précitées formant un logement.

5 La première chambre 1 comporte une pile électrique auxiliaire notée  $1_0$  et un module de contrôle-commande de la pile électrique de propulsion, noté  $1_1$ .

La deuxième chambre 2 comporte une pile électrique principale, notée  $2_{11}$ , cette pile électrique principale étant de manière avantageuse de  
10 type électrochimique afin d'opérer dans les conditions qui seront explicitées ci-après.

La deuxième chambre 2 est en outre munie d'organes d'admission contrôlée et de régulation d'un flux d'eau du milieu aquatique dans la deuxième chambre 2, laquelle forme un réservoir, pour constituer suite à la commande  
15 d'admission de l'eau du milieu aquatique dans le réservoir précité un électrolyte d'activation, noté  $2_0$ , lequel bien entendu a pour fonction d'activer la pile électrique principale  $2_{11}$ .

Enfin, la troisième chambre 3 comporte un module d'amorçage d'admission par aspiration de l'eau du milieu aquatique et de rejet par  
20 échappement des effluents issus de la réaction chimique de la pile principale dans le milieu aquatique, les opérations d'admission par aspiration et de rejet par échappement des effluents étant effectuées à partir d'une vanne d'admission  $3_2$  respectivement d'une vanne d'échappement  $3_3$  montée dans la troisième chambre 3.

25 Le module d'amorçage porte la référence  $3_4$  sur la Figure 1a. Il permet d'assurer l'amorçage d'admission par aspiration de l'eau par l'intermédiaire de la vanne d'admission  $3_2$  respectivement la commande de rejet des fluents par la vanne d'échappement  $3_3$  ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

30 Selon un aspect particulièrement avantageux de la pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique, objet de la présente invention, le module  $1_1$  de contrôle-commande de la pile électrique de propulsion situé dans la première chambre 1 permet l'actionnement de la pile électrique auxiliaire  $1_0$  pour engendrer temporairement de l'énergie électrique pendant une étape de

lancement de l'engin en milieu aquatique et l'amorçage de l'admission par aspiration de l'eau du milieu aquatique et de rejet par échappement des effluents pour produire de l'énergie électrique à partir de la pile électrique principale 2<sub>11</sub> pendant une phase dite de croisière.

5 En référence à la Figure 1a, on indique que la pile électrique auxiliaire 1<sub>0</sub> et la pile électrique principale 2<sub>11</sub> sont commandées séquentiellement par le module de contrôle-commande de la pile électrique de propulsion 1<sub>1</sub> placée dans la première chambre 1 et connectées sur un réseau de distribution d'énergie électrique principal respectivement secondaire.

10 D'une manière générale, on indique que, à titre d'exemple non limitatif, la pile auxiliaire et la pile principale délivrent des tensions électriques de valeurs nominales  $V'_N$ ,  $V_N$  sensiblement différentes et peuvent, pour cette raison, être connectées chacune sur un réseau de distribution d'énergie électrique principal respectivement secondaire, ces réseaux étant bien entendu  
15 protégés et isolés par des connexions à diodes par exemple. Ces connexions de type classique ne sont pas représentées aux dessins.

En outre, on indique que la pile électrique auxiliaire 1<sub>0</sub> est avantageusement formée par un ensemble d'éléments de piles thermiques amorcés par allumage pyrotechnique par exemple.

20 La pile auxiliaire 1<sub>0</sub> a pour objet de fournir l'alimentation électrique à l'engin se déplaçant en milieu aquatique pendant la phase de lancement notamment, c'est-à-dire en début de mission de l'engin précité, et pendant une phase d'éloignement du point de départ n'excédant pas quelques centaines de mètres.

25 La pile auxiliaire 1<sub>0</sub> fournit ainsi l'énergie au moteur de propulsion de l'engin se déplaçant en milieu aquatique sous puissance sensiblement réduite ainsi qu'à l'ensemble des organes de la pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique, conformément à l'objet de la présente invention ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

30 Pour cette raison, la pile auxiliaire 1<sub>0</sub> peut être avantageusement formée par quatre piles thermiques connectées en deux branches parallèles de deux piles en séries, par exemple.

Les deux branches parallèles sont avantageusement isolées chacune par une diode vis-à-vis d'une tension inverse susceptible de provenir

En outre, ainsi que représenté de manière non limitative sur la Figure 1a, la deuxième buse de sortie 2<sub>73</sub> du dispositif de circulation et de séparation est reliée à la vanne de rejet 3<sub>3</sub> d'effluents disposée dans la troisième chambre 3 par l'intermédiaire d'une vanne de mode, notée 2<sub>6</sub>, laquelle permet d'orienter, dans une première position, les effluents vers la vanne de rejet d'effluents 3<sub>3</sub>, lors de l'amorçage de la pile électrique principale pendant la phase de lancement, respectivement, dans une deuxième position, l'électrolyte d'activation vers la buse d'aspiration 2<sub>5</sub> de la motopompe, de manière à engendrer une circulation en boucle fermée de l'électrolyte d'activation 2<sub>0</sub> dans la pile électrique principale pendant la phase de croisière.

Enfin, on indique que la vanne thermostatique 2<sub>8</sub> est avantageusement formée par une vanne à trois voies recevant au moins sur l'une des voies un flux direct FD d'électrolyte d'activation 2<sub>0</sub> puisé dans la deuxième chambre 2 formant réservoir et sur une deuxième voie un flux dérivé d'électrolyte d'activation transitant par un échangeur de chaleur 2<sub>9</sub>, le flux Fd dérivé d'électrolyte d'activation précité étant maintenu à température sensiblement constante par l'échangeur de chaleur.

La vanne thermostatique 2<sub>8</sub> délivre sur une troisième voie à partir du flux direct et du flux dérivé à température sensiblement constante servant de température de consigne un flux d'électrolyte d'activation thermostaté noté 2<sub>10</sub> à température sensiblement constante à la cavité interne de la pile électrique principale 2<sub>11</sub>.

Le mode opératoire des organes d'admission contrôlée de régulation d'un flux d'eau du milieu aquatique dans la deuxième chambre et en particulier le dispositif de circulation et de séparation de l'électrolyte d'activation et des effluents opèrent de la manière ci-après :

- l'ensemble des éléments constitutifs des organes précités est essentiellement destiné à réguler l'équilibre thermique de la pile principale 2<sub>11</sub> et bien entendu à évacuer les effluents. Cette régulation est réalisée par la circulation de l'électrolyte d'activation de la pile principale dont le fonctionnement est le suivant :

- le groupe motopompe 2<sub>4</sub> pressurise le réservoir, c'est-à-dire l'ensemble de la deuxième chambre 2 dans lequel est stocké l'électrolyte.

La circulation de l'électrolyte d'activation s'installe alors par l'intermédiaire de la vanne thermostatique 2<sub>8</sub>, laquelle grâce à son circuit à trois voies permet de mélanger le débit direct FD venant du réservoir formé par la chambre 2 et le débit dérivé Fd passant par l'échangeur de chaleur 2<sub>9</sub>.

5 Le mélange d'électrolyte résultant, flux d'électrolyte d'activation 2<sub>10</sub>, est alors à température sensiblement constante grâce au fonctionnement de la vanne thermostatique 2<sub>8</sub>, laquelle permet de maintenir la température de consigne donnée par le flux dérivé Fd traversant l'échangeur de chaleur 2<sub>9</sub> en ajustant les flux entrants.

10 Le flux d'électrolyte d'activation 2<sub>10</sub> est alors délivré aux organes internes de la pile principale 2<sub>11</sub> de type électrochimique de façon à irriguer les organes internes de celle-ci avec un débit commandé par le groupe motopompe 2<sub>4</sub>.

D'une manière spécifique, on indique que la pile principale 2<sub>11</sub> est  
15 avantageusement constituée d'un empilement de couples électrochimiques irrigués par le flux d'électrolyte d'activation thermostaté 2<sub>10</sub> pour provoquer la réaction chimique de la pile permettant d'engendrer l'énergie électrique correspondante.

En sortie de la pile principale 2<sub>11</sub>, l'électrolyte d'activation est collecté  
20 pour être acheminé par la buse d'entrée 2<sub>71</sub> du séparateur d'effluents 2<sub>7</sub>.

Le séparateur d'effluents peut avantageusement être constitué par un séparateur de gaz basé sur le principe de la centrifugation, en fonction du type de réaction électrochimique mis en jeu dans la pile principale 2<sub>11</sub>.

Le séparateur de gaz sépare ainsi deux phases, une première  
25 phase liquide correspondant à l'électrolyte d'activation recyclé renvoyé vers le groupe motopompe 2<sub>4</sub> par l'intermédiaire de la vanne de mode 2<sub>6</sub> et une deuxième phase gazeuse, laquelle est rejetée vers le milieu aquatique par l'intermédiaire de la tubulure 2<sub>2</sub> et de la vanne de rejet d'effluents 3<sub>3</sub>.

On comprend ainsi que la vanne de mode 2<sub>6</sub> a pour fonction de  
30 commuter le flux d'électrolyte d'activation recyclé, soit vers le groupe motopompe 2<sub>4</sub> lors d'un fonctionnement en circuit fermé de l'ensemble au cours de la phase de croisière, soit le cas échéant vers une évacuation vers le milieu aquatique en fin de mission par exemple, en particulier lors d'une mission à caractère non destructif, par l'intermédiaire de la vanne de rejet 3<sub>3</sub>.

On comprend bien sûr que la vanne de mode 2<sub>6</sub> est pilotée par le module de contrôle-commande 1<sub>1</sub> de la pile électrique de propulsion, ainsi qu'il sera décrit de manière plus détaillée ultérieurement dans la description.

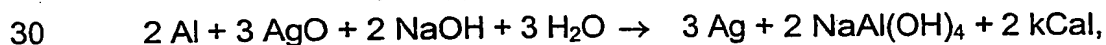
Un mode de mise en œuvre préférentiel non limitatif de l'ensemble de la pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique, objet de la présente invention, sera maintenant donné en liaison avec la Figure 1a et la Figure 1b lorsque la pile électrique principale de type électrochimique est une pile AgO-Al.

Dans les conditions précitées, la pile électrique de propulsion comprend une pile électrique principale 2<sub>11</sub> de type électrochimique formée par un bloc électrochimique constitué par un empilement de couples électrochimiques AgO-Al placés dans la cavité d'un module de coque étanche 2<sub>11a</sub>. Le module étanche précité comprend par exemple une pluralité de couples électrochimiques 2<sub>11b</sub> connectés en parallèle permettant, bien entendu, la circulation du flux d'électrolyte d'activation thermostaté 2<sub>10</sub>.

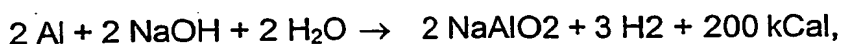
Ainsi qu'on l'a représenté sur la Figure 1a, le module étanche est relié d'une part à la vanne thermostatique 2<sub>8</sub> à la base du module étanche 2<sub>11a</sub> et d'autre part au dispositif de circulation de l'électrolyte et de séparation d'effluents 2<sub>7</sub>, à la buse d'entrée de ce dernier 2<sub>71</sub>.

La pile électrique principale de type électrochimique est formée en outre par une réserve de soude anhydre, le bloc électrochimique et la soude anhydre étant placés dans la deuxième chambre 2 formant réservoir. Sur la Figure 1a, on a représenté la réserve de soude anhydre par des cristaux représentés par des croix non entièrement dilués dans l'eau du milieu aquatique admise dans la chambre 2.

Sur admission de l'eau du milieu aquatique, l'amorçage de l'activation de la pile électrique principale met en jeu, à partir des couples électrochimiques AgO-Al, de la soude anhydre et de l'eau, une réaction électrochimique principale :



une réaction de corrosion parasite :



Dans ces conditions de réaction électrochimique, les effluents sont formés par le gaz hydrogène H<sub>2</sub>.

De manière non limitative, on indique que la réserve de soude anhydre est avantageusement constituée par un mélange de microperles de soude anhydre et de stannates en poudre chargés en vrac dans la deuxième chambre formant réservoir.

5           Le mode opératoire de l'ensemble sera maintenant décrit compte tenu de la mise en œuvre avantageuse, mais non indispensable, du régulateur de débit 2<sub>3</sub>.

10           Lors de l'activation de la pile, c'est-à-dire lors de l'amorçage de l'ouverture de la vanne d'admission 3<sub>2</sub>, après la phase de lancement de l'engin, la vanne d'admission 3<sub>2</sub> et le régulateur de débit d'admission d'eau du milieu aquatique 2<sub>3</sub>, permettent l'entrée de l'eau du milieu aquatique vers le réservoir formé par la deuxième chambre 2.

15           Ceci provoque par dissolution la formation de l'électrolyte d'activation. Le régulateur de débit 2<sub>3</sub> intervient de façon à contrôler le débit d'eau entrant, quelque soit l'immersion d'activation de l'engin et bien entendu de la pile de propulsion d'engin en milieu aquatique. La vanne d'admission 3<sub>2</sub> assure ainsi l'étanchéité du réservoir 2 formé par la deuxième chambre 2 pendant toutes les phases de stockage de la pile et y compris pendant la phase de lancement, ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

20           Lorsque l'ensemble du système est amorcé et que la circulation stabilisée de l'électrolyte d'activation est installée, ainsi que décrit précédemment dans la description, l'équilibre des pressions vis-à-vis du milieu aquatique externe est le suivant :

25           - le réservoir formé par la deuxième chambre 2 est pressurisé par la pompe 2<sub>4</sub>;

            - les buses d'entrée de la vanne thermostatique 2<sub>8</sub> et de l'échangeur de chaleur 2<sub>9</sub> sont directement soumises à la pression précitée ;

30           - l'entrée de la pile principale ou plus particulièrement du bloc étanche 2<sub>11a</sub> formant le bloc électrochimique est pressurisée par la pression de sortie de la vanne thermostatique 2<sub>8</sub>, égale à la pression de la chambre 2 formant réservoir, diminuée de la perte de charge induite par la vanne thermostatique 2<sub>8</sub>.

            En conséquence, la cavité interne de la pile principale 2<sub>11</sub> et du module de coque étanche 2<sub>11a</sub> formant celle-ci est globalement soumise

extérieurement à une pression relative au moins égale à la perte de charge 2 induite par la vanne thermostatique 2<sub>8</sub>. Cette condition permet d'assurer un bon fonctionnement de la pile électrique principale car la pression précitée permet d'assurer un bon contact de l'empilement des électrodes constitutives des couples électrochimiques, ainsi qu'une bonne continuité électrique interne.

La pression d'entrée du dispositif séparateur de gaz 2<sub>7</sub> est diminuée de la perte de charge introduite par l'empilement des couples électrochimiques 2<sub>11b</sub>.

La deuxième sortie 2<sub>73</sub> du séparateur d'effluents ou de gaz 2<sub>7</sub> est à une pression sensiblement voisine de celle du milieu aquatique et un clapet anti-retour permet de procurer une légère perte de charge par exemple.

La buse de sortie de l'électrolyte d'activation recyclé 2<sub>72</sub> du dispositif séparateur de gaz ou d'effluents 2<sub>7</sub> est à une pression sensiblement voisine de la pression d'aspiration de l'eau du milieu aquatique. Le passage au travers de la vanne de mode 2<sub>6</sub> ainsi qu'un clapet anti-retour permettent de procurer une légère perte de charge. En entrée du groupe motopompe, la communication vers le milieu aquatique ouverte par la vanne d'admission 3<sub>2</sub> lors de l'amorçage reste ouverte de façon à équilibrer en permanence, par aspiration de l'eau du milieu aquatique, les variations de volume interne de la pile en particulier de la chambre 2 formant réservoir. Les variations de volume interne précitées sont dues, en particulier, à un dégazage initial du système préalablement à l'admission d'eau du milieu aquatique dans une étape de purge, à la compensation de volume due à l'érosion des électrodes formées par les couples électrochimiques du fait des réactions électrochimiques. La sortie de la vanne de mode 2<sub>6</sub> ainsi que la sortie du régulateur de débit 2<sub>3</sub> se rejoignent ainsi au niveau de la buse d'aspiration 2<sub>5</sub> du groupe motopompe 2<sub>4</sub>. Cette jonction s'effectue dans une zone de raccordement soumise à la pression d'immersion dans la chambre 2 formant réservoir.

L'ensemble des fonctions de commande et de contrôle de la pile est réalisé par l'intermédiaire du module de contrôle-commande 1<sub>1</sub> précédemment mentionné dans la description.

De manière plus spécifique le module 1<sub>1</sub> précité assure les fonctions ci-après :



- contrôle des fonctions de la pile à partir des informations issues de la section de contrôle et de guidage de l'engin, non représentée ;

- transmission des paramètres de fonctionnement de la pile vers la section de contrôle et de guidage précitée ;

5                   - régulation de la motopompe 2<sub>4</sub> par l'intermédiaire d'un bloc électronique 3<sub>1</sub> situé dans la troisième chambre 3.

Le mode opératoire précité sera maintenant décrit en liaison avec la Figure 1b aux points 1, 2 et 3 de celle-ci, pour différents organes constitutifs de l'ensemble représenté en Figure 1a.

10                   En particulier, le mode opératoire précité est décrit lorsque sont prévues la vanne d'admission 3<sub>2</sub> à laquelle est associée une vanne d'amorçage 3<sub>5</sub> elle-même commandée par une référence de pression formée par une vanne de pré-positionnement 3<sub>6</sub> et qu'en outre un régulateur de débit 2<sub>3</sub> est monté sur la tubulure 2<sub>1</sub> de raccordement de la vanne d'admission 3<sub>2</sub> et  
15 de la buse d'aspiration 2<sub>5</sub> du groupe motopompe 2<sub>4</sub>.

La vanne d'admission 3<sub>2</sub> assure l'ouverture au milieu aquatique de la chambre 2 formant réservoir. Plus précisément, elle autorise l'entrée de l'eau du milieu aquatique dans le réservoir, le flux d'eau entrant étant dirigé vers le régulateur de débit 2<sub>3</sub> puis vers le groupe motopompe 2<sub>4</sub>.

20                   La vanne de rejet d'effluents 3<sub>3</sub> est couplée à la vanne d'admission 3<sub>2</sub> pour assurer la mise en communication du dispositif séparateur d'effluents ou séparateur de gaz 2<sub>7</sub> avec le milieu aquatique.

La vanne d'admission 3<sub>2</sub> et la vanne de rejet d'effluents 3<sub>3</sub> sont solidaires, placées diamétralement opposées sur le bordé du corps de pile 0  
25 dans un plan de symétrie longitudinal de ce dernier et possèdent avantageusement une section d'ouverture identique, de sorte que les efforts dus à la pression d'immersion dans le milieu aquatique s'équilibrent à tout instant. La vanne d'admission 3<sub>2</sub> est commandée par un actionneur pyrotechnique par exemple. Elle comporte en outre une vanne d'amorçage 3<sub>5</sub>  
30 permettant de réaliser l'ouverture au milieu aquatique d'un conduit permettant le positionnement du régulateur de débit 2<sub>3</sub> à la pression d'immersion. La commande de la vanne d'amorçage 3<sub>5</sub> peut être réalisée par l'intermédiaire d'un actionneur pyrotechnique. La commande pyrotechnique de la vanne

d'amorçage 3<sub>5</sub> et de la vanne d'admission 3<sub>2</sub> est réalisée par l'intermédiaire du module de contrôle-commande 1<sub>1</sub> avec un décalage temporel spécifique.

La commande pyrotechnique de la vanne d'admission 3<sub>2</sub> agit sur un dispositif mécanique, lequel permet de libérer un ressort de pré-tension.

5 L'ensemble formé par la vanne d'admission 3<sub>2</sub> et la vanne de rejet d'effluents 3<sub>3</sub> reliées par la commande synchronisée 3<sub>4</sub> formée essentiellement par une tige centrale se déplace jusqu'à une butée mécanique. L'orifice d'admission d'eau du milieu aquatique est alors ouvert tandis que l'orifice de rejet des effluents ou gaz reste fermé grâce à l'action de la pression externe sur un

10 clapet. Le dispositif précité interdit l'entrée de l'eau du milieu aquatique par l'intermédiaire de la sortie de la vanne de rejet d'effluents 3<sub>3</sub> pendant la phase d'amorçage.

Lorsque le remplissage de la deuxième chambre 2 formant réservoir est sensiblement atteint, un opercule ménagé sur l'entrée de l'électrolyte

15 d'activation thermostaté 2<sub>10</sub> délivré par la vanne thermostatique 2<sub>8</sub> est alors ouvert, l'électrolyte recyclé sort alors du séparateur d'effluents ou de gaz 2<sub>7</sub> et il apparaît une pression interne dans la pile principale 2<sub>11</sub> proche de celle de l'eau du milieu aquatique. L'ouverture du clapet de dégazage de la vanne de rejet d'effluents 3<sub>3</sub> est alors possible par l'action du ressort 3<sub>30</sub> représenté au

20 dessin. Le clapet, une fois ouvert, ne provoque pas de perte de charge sur le circuit de dégazage.

La vanne d'amorçage 3<sub>5</sub> et la vanne d'admission 3<sub>2</sub> comportent chacune un contact de fin de course, lequel permet de connaître leur état d'activation. Les signaux du contact de fin course précité sont renvoyés aux

25 modules de contrôle-commande 1<sub>1</sub>, lequel supervise la totalité de l'opération d'amorçage.

Le régulateur de débit 2<sub>3</sub> est destiné à la limitation du débit d'eau du milieu aquatique admise dans la deuxième chambre 2 par le réglage d'une section de passage adaptée à la pression d'immersion.

30 Le mode opératoire du régulateur précité consiste à masquer la section maximale de débit du diamètre du conduit d'amenée de l'eau du milieu aquatique par le déplacement d'un tiroir équipé d'orifices calibrés. Le régulateur de débit précité 2<sub>3</sub> est implanté dans le réservoir. Il est connecté entre la vanne d'admission 3<sub>2</sub> et la buse d'aspiration 2<sub>5</sub> de la motopompe 2<sub>4</sub>.

La vanne d'amorçage 3<sub>5</sub> applique la pression d'immersion sur le tiroir du régulateur par l'intermédiaire d'un conduit de référence de pression extérieure RPE. Le tiroir précité occupe alors une position d'équilibre imposée par un ressort. Le déplacement du tiroir est proportionnel à la pression appliquée. La section de passage de l'eau du milieu aquatique est ainsi partiellement obturée et le débit est alors pré réglé dans une plage de valeurs comprises entre 10 à 15 litres/seconde.

En fin de remplissage, lorsque la pression de la deuxième chambre 2 formant réservoir est supérieure à celle du milieu aquatique, le régulateur retrouve une position de pleine ouverture. Ceci permet ultérieurement une opération de rinçage aisé de la pile lors de la réalisation d'une mission non destructive par exemple.

La régulation de débit est prévue pour des pressions extérieures du milieu aquatique correspondant à des profondeurs comprises entre 10 et 350 mètres d'immersion. Le réglage peut être effectué pour des valeurs différentes inférieures et/ou supérieures. Le régulateur de débit 2<sub>3</sub> comporte une prise de pression d'entrée formant une référence de pression du milieu aquatique extérieur RPE pour l'ensemble.

La vanne thermostatique 2<sub>8</sub> est placée en partie basse de la coque étanche 2<sub>11a</sub> formant la pile principale. Elle est placée au voisinage des orifices d'irrigation des couples électrochimiques 2<sub>11b</sub> constitutifs de la pile principale précitée et assure ainsi l'entrée du flux d'électrolyte d'activation thermostaté 2<sub>10</sub> à une température sensiblement constante, laquelle peut être comprise entre 80 et 98°C par exemple.

La vanne thermostatique 2<sub>8</sub> fonctionne sur un principe purement mécanique. Elle met en œuvre une sonde thermostatique pour asservir en position un tiroir. Selon la position de ce dernier, le tiroir découvre des lumières de passage sur l'entrée chaude et sur l'entrée froide de façon que le mélange irriguant la sonde soit constamment à température définie.

La vanne thermostatique 2<sub>8</sub> précitée est équipée en sortie d'un opercule 2<sub>80</sub> claquable à une valeur de pression déterminée, de l'ordre de 3,0 Bar, cet opercule maintenant la cavité interne du bloc électrochimique fermée tant que la pression dans le réservoir n'est pas suffisante.

La vanne thermostatique 2<sub>8</sub> est équipée d'un filtre entourant les orifices d'entrée chaude du réservoir. Dans ces conditions, des grains de soude de taille supérieure à une valeur déterminée de l'ordre de 300 microns sont arrêtés, tandis que le flux sortant de la pompe permet un décolmatage  
5 permanent du filtre.

La vanne thermostatique 2<sub>8</sub> comporte une sonde de température dont la mesure est conditionnée par le module de commande de la pile électrique de propulsion 1<sub>1</sub>. Elle comporte en outre une prise de pression RPBEI en entrée de la coque étanche 2<sub>11a</sub> de la pile électrique principale, cette  
10 prise de pression étant destinée à un capteur de pression CP<sub>6</sub> permettant de piloter la vanne de mode 2<sub>6</sub> ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

La température de régulation nominale maintenue par la vanne thermostatique pour un fonctionnement à puissance maximale de la pile et  
15 pour une faible pression d'immersion est voisine de 95°C alors que, pour une grande immersion, la dérive de la sonde autorise un fonctionnement jusqu'à 98°C environ.

Le séparateur d'effluents ou de gaz 2<sub>7</sub> collecte l'électrolyte d'activation sortant du bloc électrochimique en partie haute de la coque  
20 étanche 2<sub>11a</sub> formant ce dernier. Il permet d'assurer la séparation des gaz ou effluents par effet cyclonique dès que le régime de circulation d'électrolyte est établi. Il est implanté dans le réservoir formé par la chambre 2 et constitué par un métal, tel que l'acier inoxydable, afin d'assurer une bonne conduction de la chaleur et le maintien à température de l'électrolyte d'activation soumis au  
25 phénomène de séparation d'effluents voisine de celle de l'électrolyte d'activation, contenu dans le réservoir mais non soumis au phénomène de séparation d'effluents.

Pendant la phase d'amorçage, le séparateur d'effluents ou de gaz 2<sub>7</sub> transfère les effluents ou gaz du bloc électrochimique vers la vanne de rejet  
30 d'effluents 3<sub>3</sub> du fait de la position de la vanne de mode 2<sub>6</sub>, laquelle bloque le retour liquide normal du dégazeur vers la motopompe 2<sub>4</sub>.

Entre la sortie du bloc électrochimique et l'entrée du dispositif séparateur d'effluents de gaz 2<sub>7</sub> est raccordé un tuyau d'aspiration permettant d'évacuer les gaz restés piégés dans la deuxième chambre 2 formant

réservoir. Ce mode opératoire est permis du fait que la pression dans le réservoir est supérieure à celle à l'entrée du dispositif séparateur de gaz 2<sub>7</sub>. Pendant la phase de croisière, ce tube de dégazage procure une fuite interne au système, laquelle est très faible et tout à fait acceptable tout en garantissant  
5 l'évacuation possible de gaz qui peuvent décanter dans la deuxième chambre 2 formant réservoir.

La buse de sortie 2<sub>73</sub> du dispositif séparateur de gaz 2<sub>7</sub> est reliée à la vanne de rejet 3<sub>3</sub> d'effluents ou de gaz au travers du tube étanche 2<sub>2</sub> et d'un clapet. Le tube précité permet le rinçage de la pile avec un débit de l'ordre de  
10 trois litres/seconde.

La buse de sortie du dispositif séparateur d'effluents ou gaz 2<sub>7</sub> délivrant l'électrolyte d'activation recyclé au voisinage de la buse 2<sub>5</sub> d'aspiration de la motopompe est reliée à cette dernière par l'intermédiaire de la vanne de mode 2<sub>6</sub>. Lorsque cette dernière est en position fermée, c'est-à-dire pendant  
15 l'amorçage et pendant le rinçage de la pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique objet de l'invention, l'ensemble du débit est orienté dans la vanne de mode 2<sub>6</sub> vers la sortie d'effluents ou gaz. Lorsque la vanne de mode 2<sub>6</sub> est ouverte, le liquide du dégazeur traverse la vanne de mode précitée et est aspiré par la pompe par l'intermédiaire de la buse d'aspiration 2<sub>5</sub> de celle-  
20 ci.

L'entrée du dispositif séparateur de gaz ou d'effluents 2<sub>7</sub> comporte en outre une sonde de température CT<sub>7</sub> identique à celle d'entrée CT<sub>8</sub> située sur la vanne thermostatique 2<sub>8</sub> ainsi qu'un piquage de pression permettant de délivrer la pression de sortie du bloc électrochimique, encore désignée  
25 RPBE0. Cette prise de pression permet de gérer le mode de fonctionnement de la pile par le module de commande 1<sub>1</sub>.

Enfin, la vanne de mode 2<sub>6</sub> est avantageusement constituée par une vanne à trois voies et deux positions stables ouverte et fermée comportant un tiroir commandé par une pression motrice et équilibrée par un ressort. Elle  
30 comprend deux électrovannes simples à deux voies EV1 et EV2 permettant de gérer l'application de la pression motrice sur le tiroir précité.

L'électrovanne EV1 relie la prise de pression d'immersion RPE du régulateur de débit 2<sub>3</sub> à la chambre de la vanne de mode 2<sub>6</sub>. L'électrovanne

EV1 est une vanne normalement ouverte en l'absence d'alimentation électrique.

L'électrovanne EV2 relie la prise de pression d'entrée du bloc électrochimique, c'est-à-dire la pression de sortie de la vanne thermostatique 2<sub>8</sub>, encore désignée RPVT, à la chambre de la vanne de mode 2<sub>6</sub>.  
5 L'électrovanne EV2 est une vanne normalement fermée.

La vanne de mode 2<sub>6</sub> permet d'orienter l'électrolyte d'activation en sortie à la buse de sortie 2<sub>72</sub> du dispositif séparateur d'effluents de gaz 2<sub>7</sub> selon deux trajets correspondant à des modes de fonctionnement de la pile :

10 - en position haute ou fermée, aucune pression n'est appliquée à la vanne de mode 2<sub>6</sub>. Dans ces conditions, cette dernière oriente les flux d'effluents vers la vanne de sortie de gaz 3<sub>3</sub>. Ce mode de fonctionnement a lieu lors de l'amorçage, afin de purger les gaz vers le milieu aquatique, et en fin de mission, lors du rinçage de la pile dans le cas d'une mission non  
15 destructive.

- en position basse ou ouverte, la vanne de mode 2<sub>6</sub> reçoit la pression motrice qui positionne son tiroir en position basse et elle oriente l'électrolyte vers l'entrée de la motopompe, buse d'aspiration 2<sub>5</sub>, de sorte que l'électrolyte d'activation circule en boucle fermée dans la pile.

20 Les deux électrovannes EV1 et EV2 sont entièrement pilotées par le module de commande 1<sub>1</sub>. Selon le schéma représenté au point 3 de la Figure 1b :

- durant la phase d'activation, c'est-à-dire de lancement de l'engin, la vanne EV1 est alimentée et donc fermée, ce qui interdit à la pression d'entrée du régulateur de débit 2<sub>3</sub> d'agir sur le tiroir de la vanne de mode 2<sub>6</sub>. Par contre,  
25 l'électrovanne EV2 est non-alimentée et donc fermée en attendant un signal de commande délivré par le module de commande 1<sub>1</sub>. Dans ces conditions, la vanne de mode 2<sub>6</sub> n'est pas sollicitée et reste en position haute ou fermée. On comprend en effet que l'alimentation en énergie électrique de l'électrovanne  
30 EV1 par la pile auxiliaire 1<sub>0</sub> est autorisée dès l'amorçage initial de cette dernière ;

- en fin de remplissage du réservoir formé par la deuxième chambre 2, lorsque les conditions de pression sont détectées, l'électrovanne EV2 est alimentée, ce qui permet d'appliquer la pression d'entrée du bloc

électrochimique, c'est-à-dire la pression d'entrée RPVT sur le tiroir de la vanne de mode 2<sub>6</sub>. Ce dernier bascule et autorise alors le passage de l'électrolyte d'activation recyclé issu du dispositif de séparation d'effluents ou de gaz 2<sub>7</sub> vers la pompe 2<sub>4</sub>. L'électrovanne EV1 de son côté reste fermée.

5 A la fin d'une mission non destructive par exemple, l'alimentation de la première électrovanne EV1 est coupée, ce qui décomprime la chambre de la vanne de mode 2<sub>6</sub> et permet la remontée du tiroir en position haute. L'électrolyte d'activation est alors évacué par la sortie d'effluents ou de gaz, c'est-à-dire par la vanne de rejet d'effluents 3<sub>3</sub>. Simultanément, l'alimentation  
10 de l'électrovanne EV2 est coupée, ce qui interdit alors à la pression d'entrée du bloc électrochimique, c'est-à-dire la pression RPVT, d'agir sur le tiroir de la vanne de mode 2<sub>6</sub>.

La commande des électrovannes EV1 et EV2 est effectuée par le module de contrôle-commande 1<sub>1</sub> précité, lequel opère à partir des  
15 informations de pression issues des prises de pression ci-après :

- prise de pression du réservoir ;
- prise de pression d'immersion RPE ;
- prise de pression de sortie du bloc électrochimique RPBE0.

Deux capteurs de pression différentiels non représentés au dessin  
20 permettent de fournir à partir des prises de pression ci-dessus les informations suivantes au module de contrôle-commande 1<sub>1</sub> :

- la différence de pression réservoir-immersion indique l'état de fonctionnement de la boucle de circulation. Cette différence de pression doit être en accord avec l'état de la pile et la commande de débit de la pompe ;
- 25 - la différence de pression sortie bloc électrochimique-immersion indique l'état de remplissage de la pile.

Le mode opératoire et la commande de la deuxième électrovanne EV2 par le module de commande 1<sub>1</sub> qui provoque la commutation de la vanne de mode 26 est effectuée sur les critères ci-après :

- 30 - écart de pression entre la sortie du bloc électrochimique et le milieu aquatique ;
- veille de la tension électrique délivrée par le bloc électrochimique ;
- veille de la température de sortie du bloc électrochimique ;
- chronologie de l'amorçage.

En synthèse, la logique de pilotage de la vanne de mode 2<sub>6</sub> au travers de l'alimentation de commande des deux électrovannes EV1 et EV2 est donnée ci-après selon le tableau suivant :

5	1. Etat initial	EV1 = 0	EV2 = 0
	2. Dès que la tension Pile Thermique est OK	EV1 = 1	EV2 = 0
	3. Dès que pression «Sortie BE-Immersion est OK	EV1 = 1	EV2 = 1
	4. Dès que l'ordre d'arrêt parvient au module 1 <sub>1</sub>	EV1 = 0	EV2 = 0

10 Par ailleurs, la position basse du tiroir de la vanne de mode 2<sub>6</sub> est détectée par l'intermédiaire d'un capteur magnétique CM<sub>6</sub> et est acquise par le module de contrôle-commande 1<sub>1</sub>.

Le mode opératoire de l'ensemble est représenté en référence aux points 1), 2) et 3) de la Figure 1b dans lesquels :

15 - au point 1) sont représentées la phase de lancement respectivement de croisière de l'engin, la phase de lancement pouvant durer quelques secondes ou dizaines de secondes et la phase de croisière pouvant durer plusieurs dizaines de minutes ;

20 - au point 2) est représenté le diagramme des tensions délivrées par la pile auxiliaire et la pile électrique principale respectivement, étant entendu que la tension nominale V<sub>N</sub> de la pile auxiliaire de l'ordre de 165 V est sensiblement différente de celle de la pile électrique principale 245 V, par exemple.

25 - au point 3) est représentée la commande des deux électrovannes V1 et V2 constitutives de la vanne de mode 2<sub>6</sub> selon le tableau précédent.

En ce qui concerne la motopompe 2<sub>4</sub>, on indique que cette dernière assure la circulation et le recyclage de l'électrolyte d'activation à débit variable. Elle peut être constituée par une pompe centrifuge immergée dans le réservoir d'électrolyte et d'un moteur également immergé. Le moteur est un moteur du type à pilotage en vitesse en fonction du besoin de pompage. L'électronique de commande du moteur est désignée par le bloc 3<sub>1</sub> et placée dans la chambre 3, par exemple.

30



L'alimentation du moteur de la pompe est avantageusement réalisée à partir du réseau électrique principal de la pile principale à 400 V alors que l'alimentation de l'électronique de contrôle peut être réalisée sur le circuit auxiliaire de la pile à 200 V. En particulier, lorsque la pile principale a pris  
5 le relais de la pile auxiliaire, le réseau secondaire peut être alimenté à partir de la mi-tension délivrée par la pile principale.

Enfin, la motopompe 2<sub>4</sub> est commandée en vitesse par le module de commande 1<sub>1</sub> par l'intermédiaire d'une liaison série RS422 de type classique.

10 La motopompe peut être commandée selon des régimes de fonctionnement discrets à débit par paliers.

La motopompe 2<sub>4</sub> fournit des informations relatives à :

- courant absorbé ;
- vitesse de rotation ;
- 15 - température des circuits d'alimentation convertisseurs à IGBT (pour Insulated Gate Bipolar Transistor) ;
- compte rendu d'auto test.

Le démarrage de la motopompe 2<sub>4</sub> est commandé par le module de contrôle-commande 1<sub>1</sub> dès réception par ce dernier du signal de contact fourni  
20 par l'ouverture de la vanne d'admission 3<sub>2</sub>.

Une description plus détaillée de la structure de la pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique et d'un mode de mise en œuvre de cette structure conforme à l'objet de la présente invention sera maintenant donnée ci-après.

25 Ainsi que représenté sur la Figure 1a, le corps de pile étanche 0 est avantageusement formé par un assemblage d'éléments constitués au moins par une virole avant 0<sub>1</sub>, un fond avant 0<sub>2</sub> de pile électrique principale, la virole avant 0<sub>1</sub> et le fond avant 0<sub>2</sub> formant la troisième chambre 3 précédemment citée.

30 Le corps de pile étanche 0 comporte en outre une coque centrale 0<sub>3</sub> et un fond arrière 0<sub>4</sub>, le fond avant 0<sub>2</sub>, la coque centrale 0<sub>3</sub> et le fond arrière 0<sub>4</sub> formant la deuxième chambre 2 constituant le réservoir.

Enfin, le corps de pile étanche 0 comprend une virole arrière 0<sub>5</sub>, le fond arrière 0<sub>4</sub> et la virole arrière 0<sub>5</sub> constituant la première chambre 1.

Ainsi qu'on l'a représenté en outre en Figure 1a, la coque centrale 0<sub>3</sub> au moins est constituée par un alliage métallique bon conducteur thermique. Une partie au moins de la coque centrale 0<sub>3</sub> placée au voisinage de la pile électrique principale 2<sub>11</sub> et en particulier du bloc électrochimique formant celle-ci constitue l'échangeur thermique avec le milieu aquatique et en particulier l'échangeur de chaleur 2<sub>9</sub> pour au moins le flux dérivé d'électrolyte d'activation.

Sur la Figure 1a, on observe que le flux dérivé d'électrolyte d'activation est engendré par la pression produite par la motopompe 2<sub>4</sub> dans un interstice 2<sub>91</sub> ménagé en partie inférieure de la Figure 1a, entre la paroi de la coque centrale 0<sub>2</sub> et une paroi métallique rendue solidaire de la vanne thermostatique 2<sub>8</sub>, et finalement du corps étanche 2<sub>11a</sub> formant le bloc électrochimique 2<sub>11</sub>. L'interstice 2<sub>91</sub> précité permet d'engendrer le flux d'électrolyte d'activation dérivé à température sensiblement constante servant de température de consigne pour la vanne thermostatique 2<sub>8</sub> précitée.

De préférence, la virole avant 0<sub>1</sub>, le fond avant 0<sub>2</sub> de pile électrique, la coque centrale 0<sub>3</sub> et le fond arrière 0<sub>4</sub> ainsi que la virole arrière 0<sub>5</sub> sont constitués en un matériau métallique. La face externe de ces derniers destinée à être en contact avec le milieu aquatique est avantageusement munie d'une couche de protection anti-corrosion obtenue par oxydation anodique dure.

En ce qui concerne la coque centrale 0<sub>3</sub>, on indique que cette dernière comprise entre le fond avant et le fond arrière, est réalisée en un seul tronçon et ne comporte aucune ouverture en bordé de façon à garantir l'étanchéité de l'ensemble pendant toutes les phases de stockage de la pile de propulsion d'engin en milieu aquatique conforme à l'objet de la présente invention. Cette conception spécifique permet de mettre en place une double étanchéité du réservoir formé par la deuxième chambre 2 vis-à-vis du milieu aquatique externe, au niveau des jonctions avec les fonds avant 0<sub>2</sub> et arrière 0<sub>4</sub>.

Ainsi que représenté sur la Figure 1a, le corps de pile et en particulier la deuxième chambre 2 est munie d'une double barrière d'étanchéité vis-à-vis du milieu aquatique externe.

Une première barrière d'étanchéité, notée B<sub>1</sub>, est formée par un joint d'étanchéité entre le milieu aquatique et la première chambre, respectivement la troisième chambre et une deuxième barrière d'étanchéité,

B<sub>2</sub>, est formée par un joint d'étanchéité entre la première et la deuxième chambre respectivement la deuxième et la troisième chambre. Les barrières d'étanchéité précitées sont représentées par des hachures spécifiques sur la Figure 1a.

5            Enfin, on indique que la face interne de la coque centrale O<sub>3</sub>, autre que la partie formant échangeur thermique 2<sub>g</sub>, comporte en outre un revêtement isolant thermique au niveau de la partie formant réservoir de l'électrolyte d'activation. Ce revêtement isolant thermique a pour objet de réduire le refroidissement de l'électrolyte d'activation stocké par échange  
10 thermique avec le milieu aquatique pendant la phase de croisière. Ce revêtement isolant thermique peut être constitué par un revêtement de type résine epoxy par exemple.

          En outre, la face interne du fond avant O<sub>2</sub> de pile électrique de la coque centrale O<sub>3</sub> et du fond arrière O<sub>4</sub> de pile électrique constituant la  
15 deuxième chambre 2 formant réservoir comporte un revêtement de nickel chimique protecteur anti-corrosion par la soude anhydre.

          La gestion de l'étanchéité de la deuxième chambre 2 formant réservoir peut alors être effectuée de la manière ci-après :

          - le réservoir est la partie de la pile électrique de propulsion d'engin  
20 en milieu aquatique conforme à l'objet de la présente invention qui comporte les composants actifs de la pile en particulier la soude et le bloc électrochimique. Pour cette raison, les éléments constitutifs du réservoir précité ont été organisés afin que, ensemble, ils présentent une étanchéité totale vis-à-vis d'un stockage en eau du milieu aquatique grâce aux deux barrières  
25 d'étanchéité B1 et B2 précédemment mentionnées formées par des joints d'étanchéité spécifiques.

          En cas d'immersion intempestive notamment de la partie réservoir, aucune matière électrochimique n'est en contact avec l'eau du milieu aquatique. Deux détecteurs d'eau, l'un placé à l'avant et l'autre à l'arrière,  
30 c'est-à-dire dans les chambres 1 et 3 par exemple, sont reliés par un câblage spécifique d'une part au module de contrôle-commande 1<sub>1</sub> et d'autre part au système de lancement externe, lequel peut ainsi veiller à la sécurité de la pile avant lancement de l'engin.

La deuxième barrière d'étanchéité B2 permet d'assurer l'intégrité de la fonction réservoir vis-à-vis du milieu aquatique externe.

Un manostat non représenté au dessin, peut être prévu afin de permettre le contrôle permanent de l'étanchéité de la vanne de mode 2<sub>6</sub>. Le  
5 manostat précité est raccordé entre les deux joints d'étanchéité de la vanne de mode 2<sub>6</sub>, d'une part sur la partie entrée d'eau, c'est-à-dire sur la buse 2<sub>72</sub> de sortie du séparateur d'effluents ou de gaz 2<sub>7</sub> à laquelle est reliée la vanne de mode 2<sub>6</sub> précitée et d'autre part sur la partie sortie gaz 2<sub>73</sub> du séparateur 2<sub>7</sub> précité. La double barrière d'étanchéité B1 et B2 équipée des détecteurs d'eau  
10 et de pression précédemment cités permet de garantir un haut niveau de fiabilité de l'étanchéité de la pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique objet de la présente invention.

Enfin, la virole avant 0<sub>1</sub> et la virole arrière 0<sub>5</sub> présentent, ainsi que représenté en Figure 1a, une extrémité distale ouverte vis-à-vis du fond avant  
15 0<sub>2</sub> respectivement arrière 0<sub>4</sub> de pile. Ce mode de mise en œuvre permet de constituer la pile électrique de propulsion, objet de l'invention, sous forme d'un module indépendant stockable selon un composant sensiblement inerte avec sa charge de réserve de soude anhydre lorsque la pile électrique de propulsion n'est pas montée avec l'engin, ainsi que sous forme d'un élément intégré  
20 directement au corps de l'engin dans le cas contraire. Dans ce but, dans un mode de mise en œuvre non limitatif, la virole avant 0<sub>1</sub>, la coque centrale 0<sub>3</sub> et la virole arrière 0<sub>5</sub> présentent avantageusement une section sensiblement cylindrique de révolution. La forme précitée est particulièrement adaptée à une intégration au corps de l'engin lorsque cet engin est constitué par une torpille  
25 par exemple ou par un engin sous-marin d'observation. Dans cette situation, l'extrémité distale de la virole avant est mécaniquement solidaire et électriquement couplée à la partie active de l'engin et l'extrémité distale de la virole arrière est mécaniquement solidaire et électriquement couplée à la partie arrière propulsive et de commande de l'engin, pour constituer une pile  
30 électrique de propulsion activable dès la mise à l'eau de l'engin dans le milieu aquatique.

On comprend en particulier que l'ensemble représenté en Figure 1a comprend les liaisons filaires par câbles et/ou par bus, ainsi que mentionné précédemment, entre la première chambre 1, la deuxième chambre 2 et la

troisième chambre 3, bien que l'ensemble de ces liaisons ne soit pas en totalité représenté aux dessins.

Dans ces conditions, on indique que la pile de propulsion d'un engin en milieu aquatique conforme à l'objet de la présente invention comporte des capteurs de température du flux d'électrolyte d'activation entrant et sortant de la pile électrique principale afin de permettre d'assurer la régulation en température du flux d'électrolyte d'activation par l'intermédiaire de la vanne thermostatique 2<sub>8</sub>.

Elle comporte en outre des capteurs de pression relative de l'électrolyte d'activation dans la deuxième chambre 2 formant réservoir de ce même électrolyte d'activation à l'entrée du dispositif de circulation de l'électrolyte d'activation et de séparation des effluents 2<sub>7</sub>, ces capteurs de pression relative délivrant une pression relative vis-à-vis de la pression externe au corps de pile étanche, c'est-à-dire de la référence de pression RPE précédemment mentionnée dans la description.

Elle comprend enfin une pluralité de contacts ou de détection de contact d'étanchéité de la vanne d'admission de l'eau du milieu aquatique 3<sub>2</sub>, contact d'ouverture de la vanne d'admission de l'eau au corps de pile étanche 2<sub>11a</sub> précité. Bien entendu, l'ensemble de ces capteurs et/ou contacts est relié par des connections adaptées munies de traversées étanches de manière connue en tant que telle.

Des traversées électriques étanches de puissance telles que représentées en Figure 1a sous la référence 1<sub>2</sub> et 1<sub>3</sub> permettent la connection de la pile auxiliaire 1<sub>0</sub> à l'ensemble des éléments contenus dans la deuxième chambre 2 formant réservoir et la troisième chambre 3 ou chambre avant pour alimenter le module électronique 3<sub>1</sub> de la motopompe 2<sub>4</sub>, la traversée électrique étanche 1<sub>3</sub> directement reliée au bloc électrochimique et en particulier aux couples électrochimiques, afin de délivrer l'énergie électrique de puissance au groupe de propulsion de l'engin porteur de la pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique, conforme à l'objet de la présente invention. La fourniture de l'énergie de propulsion est réalisée par l'intermédiaire d'un connecteur de puissance muni d'un capteur d'intensité CI ainsi que représenté aux dessins sur la Figure 1a.

### REVENDEICATIONS

1. Pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique, caractérisée en ce que celle-ci comporte au moins dans un corps de pile étanche :

- 5                   - une première chambre formant un logement comportant une pile électrique auxiliaire et un module de contrôle-commande de la pile électrique de propulsion ;
- une deuxième chambre formant un logement comportant une pile électrique principale de type électrochimique, ladite deuxième chambre étant
- 10                   munie d'organes d'admission contrôlée et de régulation d'un flux d'eau du milieu aquatique dans ladite deuxième chambre, formant réservoir, pour former, suite à la commande d'admission de l'eau du milieu aquatique un électrolyte d'activation de ladite pile électrique principale ;
- une troisième chambre formant un logement comportant un
- 15                   module d'amorçage d'admission par aspiration de l'eau du milieu aquatique et de rejet par échappement d'effluents issus de la réaction chimique de la pile principale dans le milieu aquatique, à partir d'une vanne d'admission respectivement d'une vanne d'échappement montées dans ladite troisième chambre, ledit module de contrôle-commande de la pile électrique de
- 20                   propulsion permettant l'actionnement de ladite pile électrique auxiliaire pour engendrer temporairement de l'énergie électrique pendant une étape de lancement dudit engin en milieu aquatique et l'amorçage de l'admission par aspiration de l'eau du milieu aquatique et de rejet par échappement d'effluents pour produire de l'énergie électrique à partir de ladite pile électrique principale
- 25                   pendant une phase de croisière.

2. Pile électrique de propulsion selon la revendication 1, caractérisée en ce que lesdites piles électriques auxiliaire et principale sont commandées séquentiellement par ledit module de contrôle-commande de la pile électrique de propulsion et connectées sur un réseau de distribution

30                   d'énergie électrique principal respectivement secondaire.

3. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que ladite pile électrique auxiliaire est formée par un ensemble d'éléments de piles thermiques, amorcées par allumage pyrotechnique.

4. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que lesdits organes d'admission contrôlée et de régulation d'un flux d'eau du milieu aquatique dans ladite deuxième chambre comportent au moins :

- 5                   - un groupe moto-pompe dont la buse d'aspiration est reliée à ladite vanne d'admission de l'eau du milieu aquatique et dont la buse de sortie délivre l'eau du milieu aquatique aspirée directement dans ladite deuxième chambre formant réservoir, de façon à former ledit électrolyte d'activation et à immerger ladite pile électrique principale dans ce dernier ;
- 10                  - une vanne thermostatique reliée à ladite pile électrique principale, ladite vanne thermostatique permettant de réguler l'admission dudit électrolyte d'activation dans ladite pile principale pour amorcer l'activation de ladite pile électrique principale par réaction électrochimique ;
- un dispositif de circulation de l'électrolyte d'activation et de
- 15   séparation des effluents, ledit dispositif de circulation et de séparation comportant une buse d'entrée reliée à la cavité interne de ladite pile électrique principale, contenant l'électrolyte d'activation, une première buse de sortie reliée au voisinage de la buse d'admission de la moto-pompe et une deuxième buse de sortie d'effluents reliée à ladite vanne de rejet placée dans ladite
- 20   troisième chambre.

5. Pile électrique de propulsion selon la revendication 4, caractérisée en ce que ladite deuxième buse de sortie dudit dispositif de circulation et de séparation est reliée à ladite vanne de rejet placée dans ladite troisième chambre par l'intermédiaire d'une vanne de mode permettant

25   d'orienter, dans une première position, les effluents vers la vanne de rejet d'effluents lors de l'amorçage de la pile électrique principale pendant la phase de lancement, respectivement, dans une deuxième position, l'électrolyte d'activation vers la buse d'aspiration de la moto-pompe, de manière à engendrer une circulation en boucle fermée de l'électrolyte d'activation dans la

30   pile électrique principale pendant la phase de croisière.

6. Pile électrique selon la revendication 4 ou 5, caractérisée en ce que ladite vanne thermostatique est formée par une vanne à trois voies recevant :

- un flux direct d'électrolyte d'activation puisé dans ladite deuxième chambre formant réservoir,

- un flux dérivé d'électrolyte d'activation, transitant par un échangeur de chaleur, le flux dérivé étant maintenu à température sensiblement constante par ledit échangeur de chaleur, ladite vanne thermostatique délivrant, à partir dudit flux direct et dudit flux dérivé à température sensiblement constante, servant de température de consigne, un flux d'électrolyte d'activation thermostaté, à température sensiblement constante à la cavité interne de ladite pile électrique principale.

10 7. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ladite pile électrique principale de type électrochimique est une pile AgO-Al.

15 8. Pile électrique de propulsion, selon les revendications 4 et 7, caractérisée en ce que ladite pile électrique principale de type électrochimique est formée par :

- un bloc électrochimique constitué par un empilage de couples électrochimiques AgO – Al placés dans la cavité d'un module étanche, relié d'une part à ladite vanne thermostatique, et, d'autre part audit dispositif de circulation de l'électrolyte ;

20 - une réserve de soude anhydre, ledit bloc électrochimique et ladite réserve de soude anhydre étant placés dans ladite deuxième chambre formant réservoir.

25 9. Pile électrique de propulsion, selon la revendication 8, caractérisée en ce que ladite réserve de soude anhydre est constituée par un mélange de microperles de soude anhydre et de stannates en poudre, chargés en vrac dans ladite deuxième chambre formant réservoir.

10. Pile électrique de propulsion, selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que ledit corps de pile étanche est formé par un assemblage d'éléments constitués au moins par :

30 - une virole avant ;

- un fond avant de pile électrique principale, ladite virole avant et ledit fond avant formant ladite troisième chambre ;
- une coque centrale ;



- un fond arrière, ledit fond avant, ladite coque centrale et ledit fond arrière formant ladite deuxième chambre ;

- une virole arrière, ledit fond arrière et ladite virole arrière formant ladite première chambre.

5                    11. Pile électrique de propulsion selon la revendication 10, caractérisée en ce que ladite coque centrale au moins est constituée par un alliage métallique bon conducteur thermique, une partie au moins de ladite coque centrale placée au voisinage de ladite pile électrique principale  
10                    constituant un échangeur thermique avec ledit milieu aquatique, pour former un échangeur de chaleur pour au moins un flux dérivé d'électrolyte d'activation.

                    12. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisée en ce que la virole avant, le fond avant de pile électrique, la coque centrale, le fond arrière de pile électrique et la virole arrière sont constitués en un matériau métallique, la face externe de ces derniers destinée  
15                    à être en contact avec le milieu aquatique étant munie d'une couche de protection anticorrosion obtenue par oxydation anodique dure.

                    13. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisée en ce que la face interne du fond avant de pile électrique, de la coque centrale et du fond arrière de pile électrique constituant ladite  
20                    deuxième chambre formant réservoir comportent un revêtement de nickel chimique protecteur anticorrosion par la soude anhydre.

                    14. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 11 à 13, caractérisée en ce que la face interne de ladite coque centrale, autre que la partie formant échangeur thermique, comporte en outre un revêtement isolant  
25                    thermique, au niveau de la partie formant réservoir de l'électrolyte d'activation, afin de réduire le refroidissement de l'électrolyte d'activation stocké par échange thermique avec le milieu aquatique pendant la phase de croisière.

                    15. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 10 à 14, caractérisée en ce que ledit corps de pile étanche est muni d'une double  
30                    barrière d'étanchéité vis-à-vis dudit milieu aquatique :

- une première barrière d'étanchéité formée par un joint d'étanchéité entre le milieu aquatique et la première respectivement la troisième chambre ;

- une deuxième barrière d'étanchéité formée par un joint d'étanchéité entre la première et la deuxième chambre respectivement la deuxième et la troisième chambre.

5 16. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 10 à 15, caractérisée en ce que celle-ci comporte en outre :

- une pluralité de capteurs de température du flux d'électrolyte d'activation entrant dans respectivement sortant de la pile électrique principale, permettant d'assurer la régulation en température du flux d'électrolyte d'activation par l'intermédiaire de ladite vanne thermostatique ;

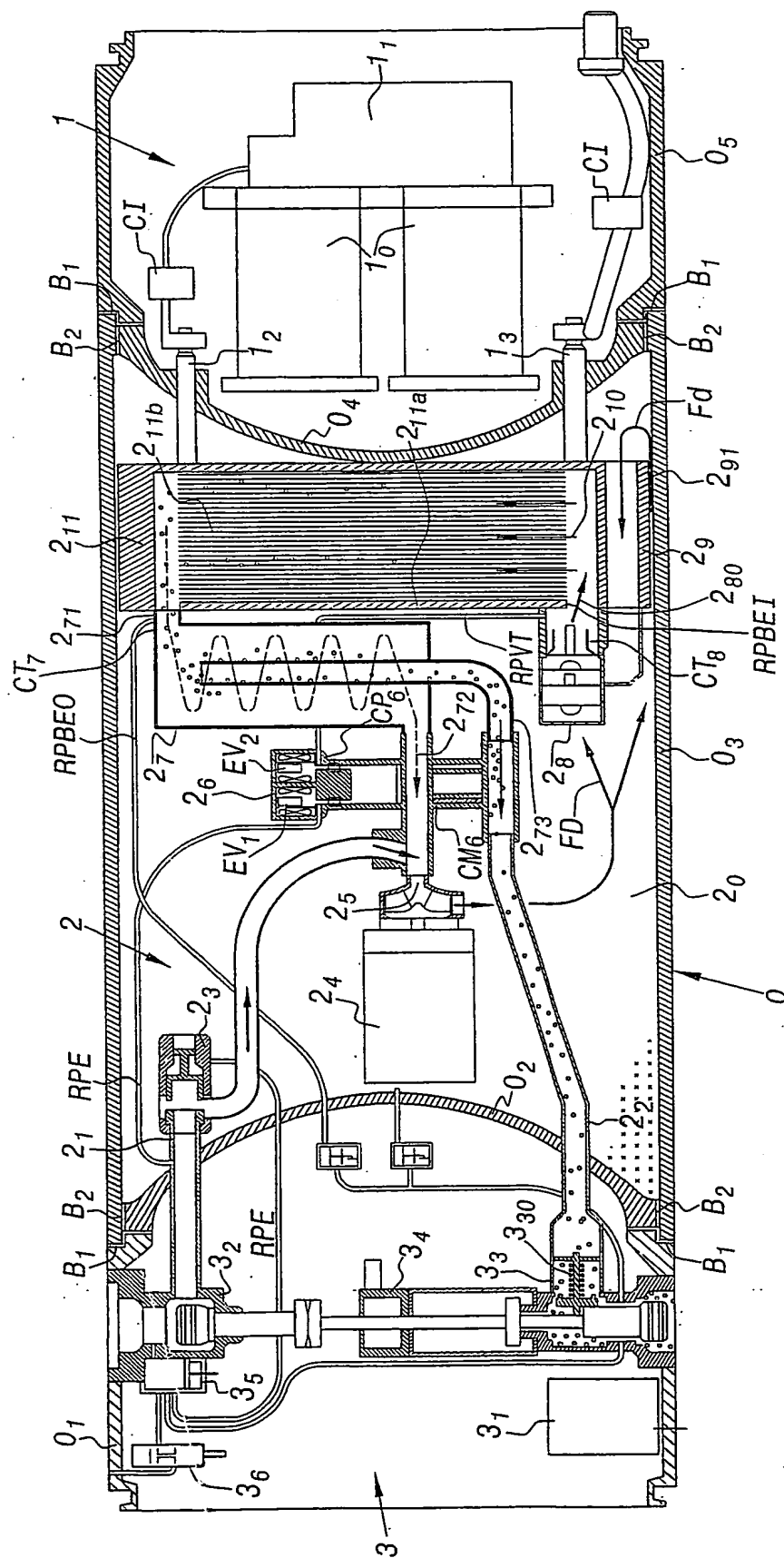
10 - une pluralité de capteurs de pression relative de l'électrolyte d'activation dans la deuxième chambre formant réservoir, de l'électrolyte d'activation à l'entrée du dispositif de circulation de l'électrolyte d'activation et de séparation des effluents, lesdits capteurs de pression relative délivrant une valeur de pression relative vis-à-vis de la pression externe au corps de pile  
15 étanche ;

- une pluralité de contacts, contact d'étanchéité de la vanne d'admission de l'eau du milieu aquatique, contact d'ouverture de la vanne d'admission de l'eau au corps de pile étanche.

20 17. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 10 à 16, caractérisée en ce que la virole avant, la coque centrale et la virole arrière présentent une section sensiblement cylindrique de révolution.

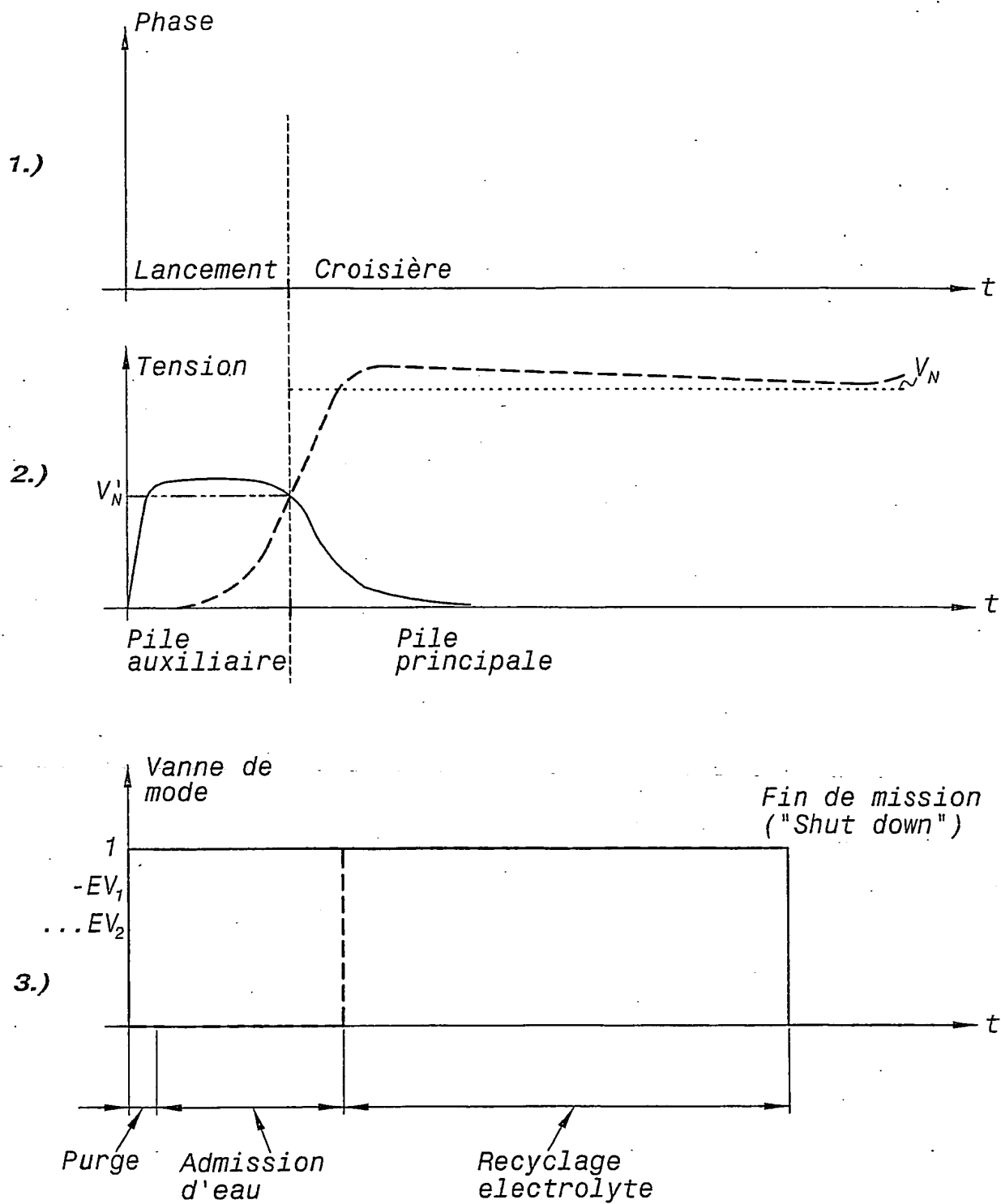
25 18. Pile électrique de propulsion selon la revendication 17, caractérisée en ce que la virole avant et la virole arrière présentent une extrémité distale ouverte vis-à-vis du fond avant respectivement arrière de pile, de façon à constituer ladite pile électrique de propulsion, d'une part, sous forme d'un module indépendant stockable selon un composant sensiblement inerte avec sa charge de réserve de soude anhydre lorsque la pile électrique de propulsion n'est pas montée avec l'engin, et, d'autre part, sous forme d'un élément intégré directement au corps de l'engin, l'extrémité distale de ladite  
30 virole avant étant mécaniquement solidaire et électriquement couplée à une partie active de l'engin et l'extrémité distale de la virole arrière étant mécaniquement solidaire et électriquement couplée à la partie arrière propulsive et de commande de l'engin, pour constituer une pile électrique de propulsion activable dès la mise à l'eau de l'engin.

19. Utilisation d'une pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique selon l'une des revendications 1 à 18 pour l'alimentation, la propulsion et la commande d'un engin tel qu'une torpille, un sous-marin de reconnaissance ou un engin de surface.



**FIG. 1a**

2/2

**FIG.1b**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/002754

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01M6/34 H01M2/40 F42B19/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01M F42B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 716 750 A (WHITEREAD ALENIA SISTEMI SUBAC ; MICROTECNICA) 1 September 1995 (1995-09-01) *page 2, ligne 16 - page 3, ligne 20; page 6, lignes 21-24*	1-19
A	EP 0 307 292 A (FRANCE ETAT) 15 March 1989 (1989-03-15) column 2, lines 16-53 - column 5, lines 38-41	1-19
A	US 4 710 438 A (D USSEL LOUIS ET AL) 1 December 1987 (1987-12-01) claims 1-5	1-19

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 March 2005

Date of mailing of the international search report

05/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Boussard, N

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/002754

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
FR 2716750	A	01-09-1995	IT	T0940128 A1	25-08-1995
			DE	69501219 D1	29-01-1998
			DE	69501219 T2	16-04-1998
			EP	0669666 A1	30-08-1995
			FR	2716750 A1	01-09-1995
			US	5506065 A	09-04-1996
EP 0307292	A	15-03-1989	FR	2620273 A1	10-03-1989
			DE	3875042 D1	05-11-1992
			DE	3875042 T2	25-02-1993
			EP	0307292 A1	15-03-1989
US 4710438	A	01-12-1987	FR	2605804 A1	29-04-1988
			DE	3771668 D1	29-08-1991
			EP	0268828 A1	01-06-1988
			JP	1809038 C	10-12-1993
			JP	5017663 B	09-03-1993
			JP	63110554 A	16-05-1988

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande nationale No

PCT/FR2004/002754

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 H01M6/34 H01M2/40 F42B19/24

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01M F42B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 716 750 A (WHITEREAD ALENIA SISTEMI SUBAC ; MICROTECNICA) 1 septembre 1995 (1995-09-01) *page 2, ligne 16 - page 3, ligne 20; page 6, lignes 21-24*	1-19
A	EP 0 307 292 A (FRANCE ETAT) 15 mars 1989 (1989-03-15) colonne 2, ligne 16-53 - colonne 5, ligne 38-41	1-19
A	US 4 710 438 A (D USSEL LOUIS ET AL) 1 décembre 1987 (1987-12-01) revendications 1-5	1-19



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention.
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*G\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

17 mars 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

05/04/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Boussard, N



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/002754

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2716750	A	01-09-1995	IT T0940128 A1	25-08-1995
			DE 69501219 D1	29-01-1998
			DE 69501219 T2	16-04-1998
			EP 0669666 A1	30-08-1995
			FR 2716750 A1	01-09-1995
			US 5506065 A	09-04-1996
EP 0307292	A	15-03-1989	FR 2620273 A1	10-03-1989
			DE 3875042 D1	05-11-1992
			DE 3875042 T2	25-02-1993
			EP 0307292 A1	15-03-1989
US 4710438	A	01-12-1987	FR 2605804 A1	29-04-1988
			DE 3771668 D1	29-08-1991
			EP 0268828 A1	01-06-1988
			JP 1809038 C	10-12-1993
			JP 5017663 B	09-03-1993
			JP 63110554 A	16-05-1988